Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 1996/97 год

Задача 1. Горизонтально расположенная упругая пружина массой M под действием силы, равной её весу Mg, растягивается (или сжимается) на величину Δx_0.

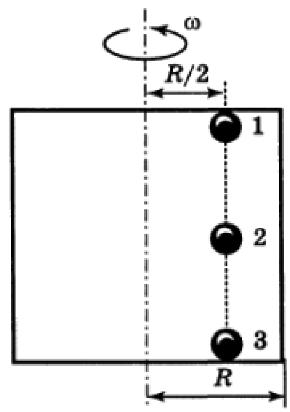
1) Чему будет равно удлинение данной пружины, если её подвесить за один конец (без груза)?

2) Чему будет равен период колебаний груза массой m, скреплённого с одним из концов данной пружины, если второй конец пружины неподвижен, а груз скользит по гладкой горизонтальной поверхности?

Деформация пружины во всех случаях мала по сравнению с длиной недеформированной пружины.

1) $\Delta x = \frac{\Delta x_0}{2}$; 2) $T = 2\pi\sqrt{\frac{(m+\frac{M}{3})\Delta x_0}{Mg}}$

Задача 2. Вертикально расположенный цилиндрический сосуд радиусом R полностью заполнен водой плотности ρ_0 и герметично закрыт жёсткой крышкой. На расстоянии $R/2$ от оси симметрии цилиндра расположены три маленьких одинаковых шарика радиусом r (рис.). Плотность материала шарика *1* $\rho_1 < \rho_0$, у шарика *2* $\rho_2 = \rho_0$, а у шарика *3* $\rho_3 > \rho_0$. Цилиндр медленно раскручивают до постоянной угловой скорости вращения ω.



1) Где будут находиться шарики во вращающемся цилиндре и почему?

2) Определите результирующую силу давления со стороны воды на каждый шарик и направление этой силы в их новых положениях равновесия. Силой трения о дно и крышку цилиндра пренебречь.

$F_1 = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_0 g$; $F_2 = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_0\sqrt{g^2 + \frac{\omega^4 R^2}{4}}$; $F_3 = \frac{4}{3}\pi r^3\rho_0\sqrt{g^2 + \omega^4 R^2}$

Задача 3. В сверхпроводящем тонком кольце радиусом R, индуктивностью L и массой M течёт наведённый ток I_0. Кольцо, подвешенное на тонкой неупругой нити, опускают в область горизонтального однородного магнитного поля индукцией B. В устойчивом положении равновесия угол между вектором $\vec{B}$ и его проекцией на плоскость кольца равен α.

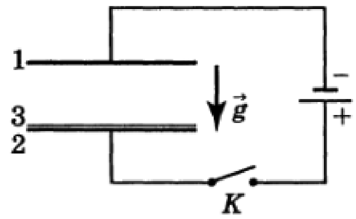
1) Найти зависимость угла α от начального тока I_0 в кольце и построить график $\alpha = \alpha(I_0)$.

2) Найти зависимость установившейся силы тока I в кольце от величины начальной силы тока I_0 и построить график $I = I(I_0)$.

3) Для случая, когда $I_0 > \frac{\pi R^2 B}{L}$, определить минимальную работу, которую необходимо совершить, чтобы вынуть кольцо из магнитного поля.

См. конец листка

Задача 4. Горизонтально расположенные неподвижные пластины *1* и *2* плоского конденсатора, расстояние между которыми равно d, подключены к источнику регулируемого напряжения (рис.). На пластине *2* лежит тонкая проводящая незаряженная пластина *3* массой M, имеющая хороший электрический контакт с пластиной *2*. Все пластины имеют одинаковые размеры, а площадь каждой равна S, причём $d \ll \sqrt{S}$. Конденсатор находится в вакуумированной камере. Ключ K замыкают.

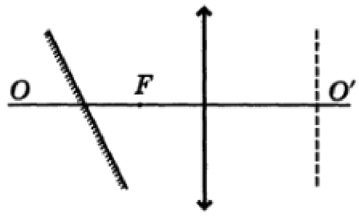


1) При каком минимальном напряжении источника пластина *3* сможет оторваться от пластины *2* и достигнуть пластины *1*?

2) Чему будет равна скорость пластины *3* в момент касания пластины *1*?

1) $U_{\min} = \sqrt{\frac{2Mgd^2}{\varepsilon_0 S}}$; 2) $v = \sqrt{2gd}$

Задача 5. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с известным фокусным расстоянием F и плоского зеркала (рис.). Точечный источник света даёт два изображения в линзе, которые расположены на одной из побочных оптических осей линзы. Одно из изображений является действительным и находится на известном расстоянии от линзы (пунктирная линия). Построением найдите положения источника S и его изображений в линзе. Отраженным от поверхности линзы светом пренебречь.



Ответ к задаче 3

1) $\alpha = \begin{cases} \arcsin\left(\frac{LI_0}{\pi R^2 B}\right), & \text{если } I_0 < \frac{\pi R^2 B}{L}; \\ \frac{\pi}{2}, & \text{если } I_0 \geqslant \frac{\pi R^2 B}{L} \end{cases}$

2) $I = \begin{cases} 0, & \text{если } I_0 < \frac{\pi R^2 B}{L}; \\ I_0 - \frac{\pi R^2 B}{L}, & \text{если } I_0 \geqslant \frac{\pi R^2 B}{L} \end{cases}$

3) $A = 2MgR + \pi R^2 B \left(I_0 - \frac{\pi R^2 B}{2L}\right)$